

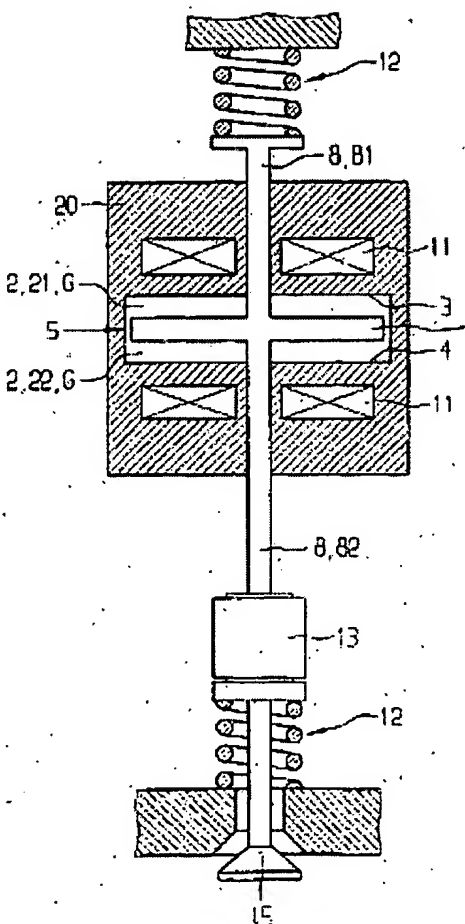
## Pneumatic end-point damping for combustion engines

**Patent number:** DE19836562  
**Publication date:** 2000-03-02  
**Inventor:** KAPPEL ANDREAS (DE); MOCK RANDOLF (DE); MEIXNER HANS (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- International: **F01L9/04; F16K31/06; F01L9/04; F16K31/06; (IPC1-7): F16K47/02; F01L9/04**  
- european: **F01L9/04; F16K31/06H**  
**Application number:** DE19981036562 19980812  
**Priority number(s):** DE19981036562 19980812

Report a data error here

### Abstract of DE19836562

The damping system comprises an anchor (1) which is located displaceably within a housing chamber (2) filled with gas (G). The anchor divides the chamber into upper and lower chambers (21,22), whereby the speed of the anchor can be reduced. A residual volume (VR) of the corresponding chamber remains when the anchor contacts an upper or lower terminal plate (3,4). Gas which is throttled between the upper and lower chamber can be exchanged. A throttled exchange of gas is carried out by a radial clearance (5) between the housing (20) and the anchor or by at least one connection line (6,7) through the housing or the anchor, or by a combination of these measures. Fired coils (11) of electromagnet are arranged in the housing (20).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 36 562 A 1**

51 Int. Cl.7:  
**F 16 K 47/02**  
F 01 L 9/04

21 Aktenzeichen: 198 36 562.4  
22 Anmeldetag: 12. 8. 1998  
43 Offenlegungstag: 2. 3. 2000

DE 198 36 562 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Kappel, Andreas, Dr., 81369 München, DE; Mock,  
Randolf, Dr., 81739 München, DE; Meixner, Hans,  
Prof. Dr., 85540 Haar, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 36 29 569 C1  
DE 195 16 442 A1  
DE 35 46 236 A1  
DE 35 24 149 A1  
DE-GM 66 04 452

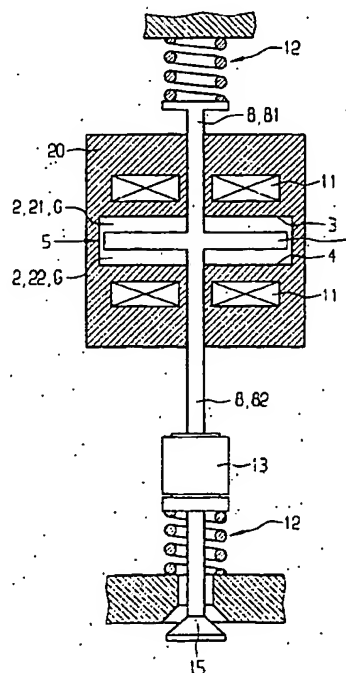
In Betracht gezogene ältere Anmeldung:  
DE 197 25 218 A1;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Pneumatische Endlagendämpfung

57 Pneumatische Endlagendämpfung dient zur Reduzierung des Ankerprellens und einen Anker (1) aufweist, der innerhalb einer mit Gas (G) gefüllten Gehäusekammer (2) verschiebbar angeordnet ist und der die Gehäusekammer (2) in eine obere Kammer (21) und eine untere Kammer (22) aufteilt, wobei durch Verschiebung des Ankers (1) der Druck des Gases (G) in der oberen Kammer (21) und der unteren Kammer (22) gegenläufig veränderbar ist, wodurch die Geschwindigkeit des Ankers (1) verringert ist.



DE 198 36 562 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, eine Verwendung derselben und ein Verfahren zur Dämpfung einer Endlage eines Ankers.

- 5 Einlaßventil und Auslaßventil eines Verbrennungsmotors werden üblicherweise über Nocken oder Stößel mechanisch zwangsgesteuert. Der Öffnungsbeginn und der Öffnungshubverlauf sind durch die jeweilige Nockenkontur und Phasenlage der Nockenwelle in Bezug auf die Kurbelwelle fest vorgegeben und können im Betrieb – mit Ausnahme einiger neuerer Entwicklungen wie der hydraulischen Nockenwellenverstellung – im allgemeinen nicht verändert werden.

- Zur Verbreiterung des Drehmomentbandes und zur Entdrosselung des Ansaugtraktes ist eine von der Phasenlage der Kurbelwelle unabhängige Steuerung des Ein- bzw. Auslaßzeitpunktes sowie der Öffnungsdauer wünschenswert. Prinzipiell läßt sich dies mit Hilfe eines kennfeldgesteuerten elektromagnetischen Ventilantriebs erreichen. Eines der in diesem Zusammenhang zu lösenden Probleme besteht in der Endlagendämpfung des Ventilankers auf eine Geschwindigkeit von weniger als 0,05 m/s.

- Bisher wird die Aufsetzgeschwindigkeit des Ankers durch eine Absenkung des Erregerstroms kurz vor dem Aufsetzen des Ankers auf einen Wert um 1 m/s verringert. Dies ist aber im Hinblick auf eine zu erreichende Geräuschemission und einen wünschenswert geringen Verschleiß immer noch zu hoch.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Möglichkeit zur Endlagendämpfung auf Geschwindigkeiten von kleiner als 0,05 m/s bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 15 gelöst.

- 20 Die Idee der Erfindung basiert darauf, eine pneumatische Endlagendämpfung einzuführen. Dazu wird ein Anker – wie ein Kolben – in einer mit Gas gefüllten Gehäusekammer verschiebbar angeordnet. Das Gas kann entweder ein reines Gas oder ein Gasgemisch, bevorzugterweise Luft, sein. Durch den Anker wird die Gehäusekammer in eine obere und eine untere Kammer aufgeteilt. Bei einer Verschiebung des Ankers in eine Richtung, beispielsweise in Richtung der oberen Kammer, wird das Volumen einer Kammer verringert, hier der oberen Kammer, und entsprechend das Volumen der jeweils anderen Kammer vergrößert. Dadurch werden die in den jeweiligen Kammern eingeschlossenen Gasmengen wechselseitig komprimiert und expandiert. Dies führt zu einer Gegenkraft auf den Anker, die diesen vor dem Erreichen seiner Endlage nahezu vollständig abbremsst.

- Zur Vermeidung eines oszillatorischen Verhaltens des Ankers in der Endlage wird die pneumatische Endlagendämpfung vorteilhafterweise durch ein definiertes Entweichen bzw. Überströmen des komprimierten Gases aperiodisch abgestimmt. Zur Abstimmung der Endlagendämpfung kann auch ein definiertes Restvolumen der oberen bzw. der unteren Kammer vorgesehen sein.

- Das definierte Entweichen bzw. Überströmen des Gases aus den Kammern kann beispielsweise durch einen Ringspalt zwischen Gehäuse und Anker realisiert werden, über den das Gas zwischen oberer Kammer und unterer Kammer austauschbar ist. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung gedrosselter Verbindungsleitungen, entweder zwischen den Kammern oder zwischen den Kammern und dem Außenraum.

In den folgenden Ausführungsbeispielen wird die pneumatische Endlagendämpfung schematisch näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine pneumatische Endlagendämpfung bei einem Einsatz in einem Ventilsystem,

Fig. 2 zeigt das Wirkprinzip pneumatischen Endlagendämpfung,

- Fig. 3 zeigt den Druckverlauf in Abhängigkeit der Verschiebung des Ankers einer pneumatischen Endlagendämpfung nach Fig. 2,

Fig. 4 zeigt mehrere Möglichkeiten der Gassteuerung einer pneumatischen Endlagendämpfung.

Fig. 1 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht den Aufbau eines elektromagnetischen Ventilantriebs unter Verwendung einer pneumatischen Endlagendämpfung.

- In einem Gehäuse 20 ist eine Gehäusekammer 2 eingelassen, die mit einem Gas G gefüllt ist. Der Anker 1 wird durch einen zentriert durch das Gehäuse geführten Stößel 8 geführt. Die dem Anker 1 gegenüberliegende Fläche der oberen Kammer 21 wird als obere Polplatte 3 bezeichnet, entsprechend wird die dem Anker 1 gegenüberliegende Fläche der unteren Kammer 22 als untere Polplatte 4 bezeichnet. Durch im Gehäuse 20 angeordnete Feldspulen 11 und dem Gehäuse 20 wird ein Elektromagnet gebildet. Das Gehäuse 20 wird extern gehalten.

- Zur mechanischen Rückstellung und zur Definition der Neutralposition des Ankers 1 in der Mitte zwischen den beiden Polplatten 3, 4 befinden sich oberhalb und am unteren Teil 82 des Stößels 8 Druckfedern 12. Die am oberen Teil 81 des Stößels 8 angebrachte Druckfeder 12 wird extern gehalten, und zwar am gleichen Bauteil wie das Gehäuse 20, z. B. einem Rahmen (ohne Abbildung). Ein am unteren Teil 82 des Stößels 8 angebrachter Hydrostößel 13 dient dem Ausgleich thermischer Längenänderungen.

- Beim Starten des Ventilantriebs wird dieser zunächst durch eine entsprechende Bestromung von Feldspulen 11 harmonisch angeregt, bis der Anker 1 eine der Polplatten 3, 4 berührt. Hierdurch wird das Ventil in eine definierte Stellung (geschlossen oder offen) gebracht. Durch eine wechselseitige Bestromung der Feldspulen 11 kann der Anker 1 zwischen einer Position an der oberen Polplatte 3 und der unteren Polplatte 4 geschaltet werden. Aus energetischen Gründen wird der Haltestrom der Feldspulen 11 in einer Endposition des Ankers 1 stark abgesenkt.

- Wird nun beispielsweise der Anker 1 nach oben bewegt, so komprimiert er das Volumen des Gases G in der oberen Kammer 21 und erhöht dort den Druck. Gleichzeitig wird in der unteren Kammer 22 der Druck erniedrigt. Hauptsächlich durch den erhöhten Druck in der oberen Kammer 21 wird eine zur Bewegungsrichtung des Ankers 1 entgegengesetzte gerichtete Kraft auf diesen ausgeübt, die den Anker 1 abbremsst.

Das hier dargestellte ungedämpfte Ventilsystem stellt ein schwingfähiges mechanisches System mit der Eigenfrequenz

$$65 \quad f_{\text{res}} = \sqrt{\frac{c}{m}} ,$$

mit c: Federsteifigkeit von Gasvolumina und Druckfedern 12 und m: träge Masse, dar.

Weil ein Großteil der Bewegungsenergie an den Extremlagen des Ankers 1 in Kompressionsarbeit gespeichert ist, erfolgt trägheitsbedingt ein unerwünschtes Zurückprellen, bzw. ein oszillatorisches Verhalten des Ankers 1, welches durch Einführung einer Endlagendämpfung wirksam verhindert werden muß.

Für die Funktion der pneumatischen Endlagendämpfung ist es vorteilhaft, wenn die Dämpfungswirkung erst kurz vor dem Aufsetzen des Ankers 1 auf den Polplatten 3, 4 einsetzt, dann aber möglichst progressiv. Die angestrebte kurze Schaltzeit des Ventilsystems aus Fig. 1 im Bereich einiger Millisekunden wäre bei einer global wirkenden Dämpfung, wie sie durch Füllen der oberen Kammer 21 und unteren Kammer 22 mit beispielsweise einem Öl wirksam würde, nicht erreichbar.

Allgemein wird bei einem gedämpften System von Federn und Massen in Abhängigkeit vom Dämpfungsparameter zwischen den Grenzfällen einer unterkritischen, aperiodischen und überkritischen Dämpfung unterschieden. Für das hier dargestellte Ventilsystem wird die pneumatische Endlagendämpfung bevorzugt aperiodisch abgestimmt, was sich durch eine definierte Undichtigkeit realisieren läßt, durch die das komprimierte Gas G entweichen kann.

Bei einem Druckunterschied zwischen der oberen Kammer 21 und der unteren Kammer 22 wird dies mittels eines Ringspaltes 5 erreicht, durch den Gas G zwischen den Kammern 21, 22 entsprechend dem Druckgefälle ausgetauscht wird. Dadurch wird die Schwingung des Ankers 1 aperiodisch gedämpft, so daß keine unerwünschten Schwingungen im Endlagenbereich auftreten.

Durch die Bewegung des Ankers 1 wird über den unteren Teil 82 des Stößels 8 die Position eines Dichtelementes 15 auf einer Mündung des Ventils gesteuert, beispielsweise zur Steuerung eines Einlaß- oder Auslaßventils eines Verbrennungsmotors. Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf einen Anwendungsbereich eingeschränkt. So kann sie auch in einem Fluid-Einspritzer verwendet werden.

Es ist aus Gründen des Einbaus eines Bauteils vorteilhaft, wenn die Grundfläche des Ankers 1 rechteckig ist. Es kann aber auch eine quadratische, ovale oder rund Grundfläche verwendet werden.

Fig. 2 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht das Wirkprinzip der pneumatischen Endlagendämpfung ohne Gasausgleich, aber mit optionalem Restvolumen VR. Der Anker 1 liegt auf der unteren Polplatte 4 auf. Das in der unteren Kammer 22 verbliebene Gas G ist auf ein Restvolumen VR begrenzt, beispielsweise durch Bildung einer Aussparung an der unteren Kammer 22. Der Abstand des Ankers 1 von der oberen Polplatte 3 entspricht der Kammerhöhe h. Die druckwirksame Fläche des Ankers 1 wird mit A bezeichnet, sie entspricht der Grundfläche des Ankers 1 abzüglich der vom oberen Teil 81 des Stößels 8 verwendeten Teilfläche. Auch an der oberen Kammer ist optional eine Aussparung mit dem Volumen VR eingebracht. Der Druck in der oberen Kammer 21, die zusammengepreßt wird, wird mit P+ bezeichnet, wobei x den Verschiebeweg des Ankers 1 bezeichnet. Analog wird mit P- der Druck in der unteren Kammer 22 bezeichnet.

Im Betrieb wird der Anker bei der Bewegung von der unteren Polplatte 4 zur oberen Polplatte 3 den Bereich  $0 \leq x \leq h$  durchlaufen.

Der Druck P+ bzw. P- in der oberen Kammer 21 bzw. in der unteren Kammer 22 läßt sich in Abhängigkeit von x beschreiben als

$$\left\{ \begin{array}{l} P+(x) = P_0 \left( 1 - \frac{x}{h + \frac{VR}{A}} \right)^{-1} \\ P-(x) = P_0 \left( 1 + \frac{x}{h + \frac{VR}{A}} \right)^{-1} \end{array} \right\}, \quad 0 \leq x < h$$

mit P0: Ausgangsdruck des Gases G in der Gehäusekammer 2 und A: druckbeaufschlagte Fläche des Ankers 1 in einer Kammer 21, 22. P+ in obiger Gleichung beschreibt den Druckanstieg in der oberen Kammer 21 bei adiabatischer Kompression, P- die Druckerniedrigung in der unteren Kammer 22 bei Expansion.

In Fig. 3a ist der Druck P+ in der oberen Kammer 21 in Abhängigkeit vom Verschiebeweg x aufgetragen. Bei fehlendem Restvolumen, VR = 0, erkennt man einen sehr starken Druckanstieg von P+ mit steigendem x. Bei VR > 0 ergibt sich immer noch ein Druckanstieg, der bei x = h endlich ist.

Fig. 3b zeigt analog zur Fig. 3a den Druckabfall von P- in der unteren Kammer 22 in Abhängigkeit vom Verschiebeweg x. Man erkennt den stärkeren Druckabfall bei fehlendem Restvolumen VR im Vergleich zu einer Ausführung mit einem endlichen Restvolumen.

Den Fig. 3a und 3b ist deutlich zu entnehmen, daß der Beitrag der Druckabsenkung von P- gegenüber dem Beitrag der Druckerhöhung von P+ vernachlässigbar ist. Zur Begrenzung des Druckanstiegs kann ein Restvolumen VR sinnvoll sein.

Fig. 4 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht mehrere Möglichkeiten eines Transports des Gases G aus der oberen Kammer 21 bzw. unteren Kammer 21 zur Dämpfung des Ankers 1.

Zur Ankerdämpfung gibt es u. a. die folgenden Möglichkeiten:

(a) Der Anker 1 wird im Gehäuse 20 so geführt, daß zwischen Gehäuse 20 und Anker 1 ein Ringspalt 5 verbleibt, über den ein Austausch von Gas G zwischen der oberen Kammer 21 und der unteren Kammer 22 möglich ist. Der Stößel 8 läuft dabei im Gehäuse 20 gedichtet. Für den Fall, daß eine Bildung eines Ringspaltes 5 verhindert werden soll, ist die Anbringung einer Dichtung am äußeren Umfang des Ankers 1 vorteilhaft.

(b) Der Anker 1 wird an seinem Umfang gedichtet geführt. Ein Austausch von Gas G zwischen oberer Kammer 21 und unterer Kammer 22 wird durch mindestens eine im Anker 1 angebrachte Drosselstrecke 6 oder durch eine im Gehäuse 20 angebrachte Drosselstrecke 7 ermöglicht. Der Stößel 8 läuft im Gehäuse 20 gedichtet.

(c) Der Anker 1 wird an seinem Umfang gedichtet geführt. Ein Austausch von Gas G zwischen der oberen Kammer 21 und der unteren Kammer 22 wird durch mindestens eine Drosselstrecke 10 ermöglicht, welche die jeweilige

Kammer 21, 22 mit dem Außenraum verbindet. Der Außenraum ist beispielsweise mit Luft unter Atmosphärendruck gefüllt. Der Stößel 8 läuft im Gehäuse 20 gedichtet.

(d) Der Anker 1 wird an seinem Umfang gedichtet geführt. Der Austausch von Gas G zwischen der oberen Kammer 21 bzw. der unteren Kammer 22 und dem Außenraum erfolgt durch eine gedrosselte Strecke 9 längs der Führung des Stößels 8 im Gehäuse 20.

Eine beliebige Kombination der unter (a)–(d) aufgeführten Möglichkeiten, auch in mehrfacher Weise.

#### Patentansprüche

1. Pneumatische Endlagendämpfung, aufweisend einen Anker (1), der innerhalb einer mit Gas (G) gefüllten Gehäusekammer (2) verschiebbar angeordnet ist und der die Gehäusekammer (2) in eine obere Kammer (21) und eine untere Kammer (22) aufteilt, wobei durch Verschiebung des Ankers (1) der Druck des Gases (G) in der oberen Kammer (21) und der unteren Kammer (22) gegenläufig veränderbar ist, wodurch die Geschwindigkeit des Ankers (1) verringert ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der bei einem Aufsetzen des Ankers (1) auf eine obere Polplatte (3) oder eine untere Polplatte (4) ein Restvolumen (VR) der entsprechenden Kammer (21, 22) verbleibt.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der Gas (G) gedrosselt zwischen der oberen Kammer (21) und der unteren Kammer (22) austauschbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der ein gedrosselter Austausch von Gas (G) mittels eines Ringspaltes (5) zwischen dem Gehäuse (20) und dem Anker (1), oder mittels mindestens einer Verbindungsleitung (6, 7) durch das Gehäuse (20) oder durch den Anker (1) oder mittels einer beliebigen Kombination dieser Maßnahmen realisiert ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der Gas (G) gedrosselt zwischen einem Außenraum und entweder der oberen Kammer (21) oder der unteren Kammer (22) oder beiden austauschbar ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der ein gedrosselter Austausch von Gas (G) mittels mindestens einer entweder durch das Gehäuse (20) geführten gedrosselten Verbindungsleitung (10) oder mittels mindestens einer gedrosselten Verbindungsleitung (9) entlang einer Passung zwischen dem Gehäuse (20) und einem im Gehäuse (20) geführten Stößel (8, 81, 82) oder mittels beider dieser Maßnahmen realisiert ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Anker (1) mit dem Stößel (8, 81, 82) verbunden ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Anker (1) und die Gehäusekammer (2) axialsymmetrisch ausgeführt sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der der Anker (1) und die Gehäusekammer (20) rechteckig ausgeführt sind.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der mittels des Stößels (8, 81, 82) ein Öffnen und Schließen eines Ventils steuerbar ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der der Anker (1) mittels einer Betätigung mindestens einer Feldspule (11) bewegbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, bei der
  - mittels eines Hubs des Stößels (8, 81, 82) die Position eines Dichtelementes (15) auf einer Mündung des Ventils steuerbar ist,
  - der Hub des Stößels (8, 81, 82) mittels mindestens einer Druckfeder (12) dämpfbar ist,
  - durch die Position des Dichtelementes (15) eine Abgabe von Fluid steuerbar ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei der ein Hydrostößel (13) zum Ausgleich einer thermischen Längenänderung am Stößel (8, 81, 82) angebracht ist.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Betrieb eines Einlaßventils oder Auslaßventils eines Verbrennungsmotors.
15. Verfahren zur pneumatischen Endlagendämpfung, bei dem
  - durch einen Anker (1) eine mit einem Gas (G) gefüllte Gehäusekammer (2) in eine obere Kammer (21) und eine untere Kammer (22) aufgeteilt wird,
  - durch die Verschiebung des Ankers (1) in der Gehäusekammer (2) der Druck des Gases (G) in der oberen Kammer (21) und der unteren Kammer (22) gegenläufig verändert wird,
  - so daß durch die Druckänderung eine Verringerung der Geschwindigkeit des Ankers (1) bewirkt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem dann, wenn bei der Ankers (1) auf eine obere Polplatte (3) oder eine untere Polplatte (4) aufsetzt, ein Restvolumen (VR) in der entsprechenden Kammer (21, 22) verbleibt.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem der Druck (P+) des Gases (G) in der komprimierten Kammer (21, 22) und der Druck (P-) des Gases (G) in der expandierten Kammer (21, 22) im wesentlichen über die Beziehung

$$\left\{ \begin{array}{l} P_+(x) = P_0 \left( 1 - \frac{x}{h + \frac{VR_A}{A}} \right)^{-1} \\ P_-(x) = P_0 \left( 1 + \frac{x}{h + \frac{VR_A}{A}} \right)^{-1} \end{array} \right\}, \quad 0 \leq x < h$$

bestimmt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei dem das Gas (G) aus der unteren Kammer (21) und der oberen

# DE 198 36 562 A 1

ren Kammer (22) gedrosselt so zugeführt und abgeführt wird, daß die Bewegung des Ankers (1) aperiodisch gedämpft wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, bei dem der Anker (1) mit einer Geschwindigkeit von weniger als 0,05 m/s auf einer Polplatte (3, 4) aufsetzt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, bei dem durch die Bewegung des Stößels (8, 81, 82) ein Öffnen und Schließen eines Ventils gesteuert wird. 5

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

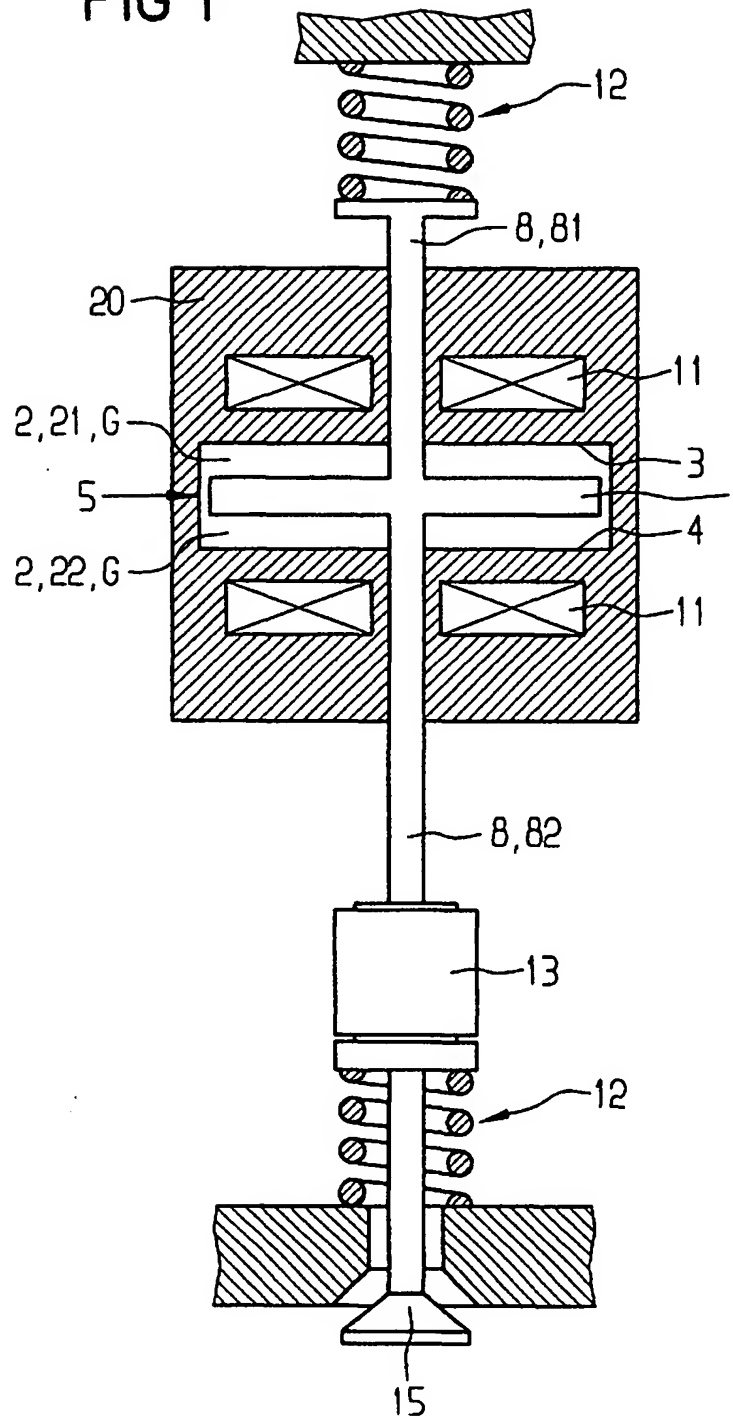


FIG 2

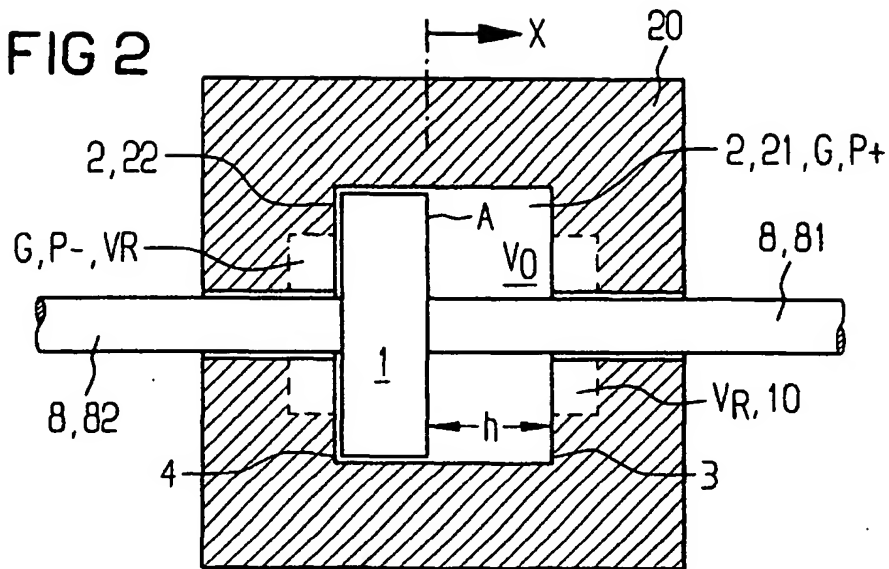


FIG 4

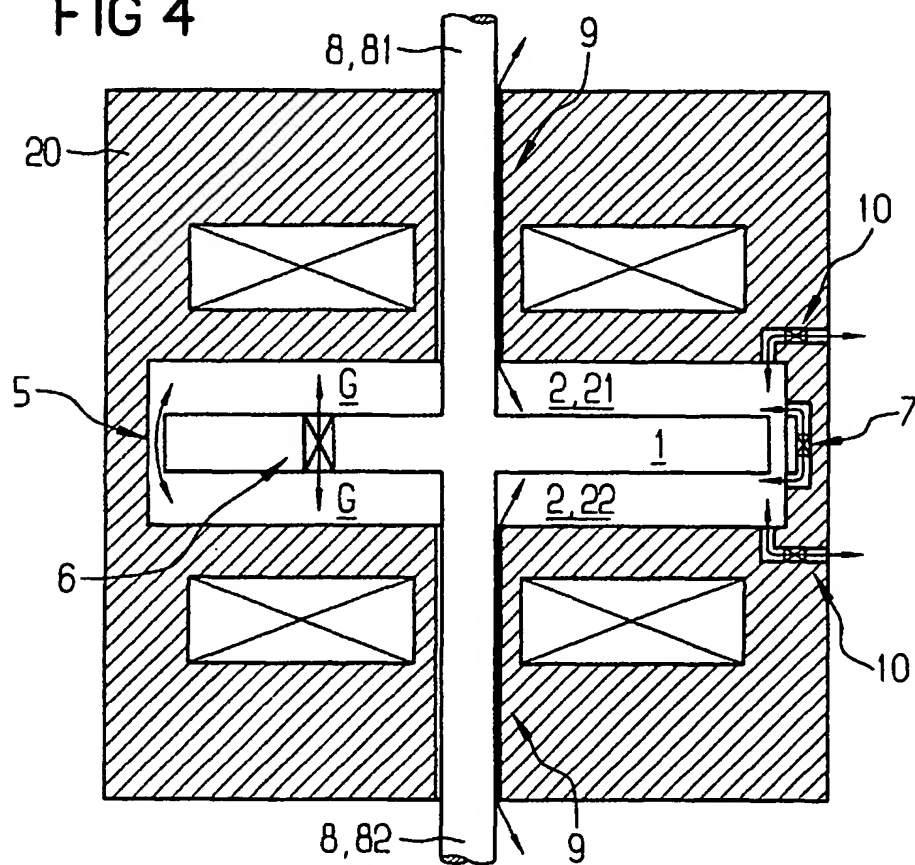




FIG 3B

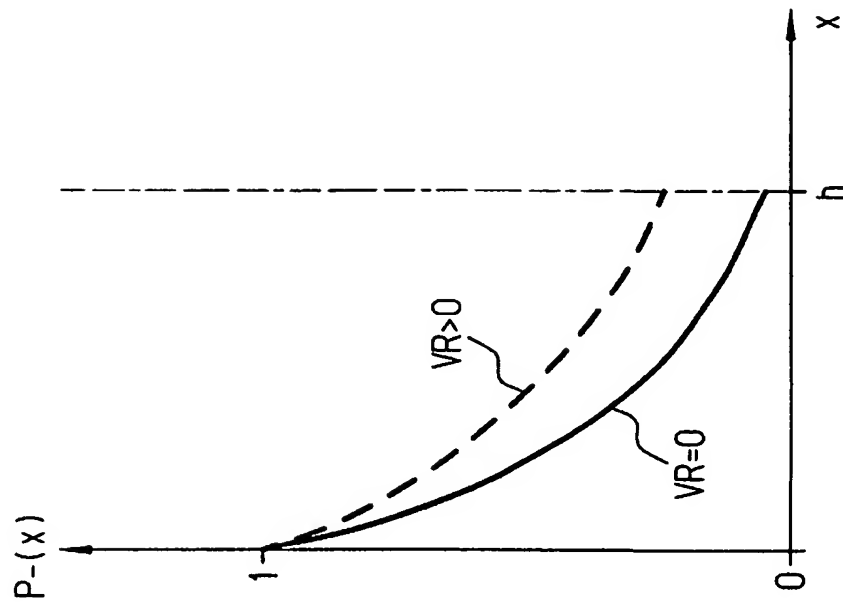


FIG 3A

